

2009-2010

Compatibilité Electromagnétique



Sommaire

1. Introduction.....	3
2. Notions de base en CEM	4
1.1 Les perturbations.....	5
1.2 Protection contre les rayonnements électromagnétiques, les blindages.....	11
1.3 Les méthodes d'investigation.....	13
3. Exposé des faits et des différentes thèses	14
4. Actions effectuées.....	15
5. Point de vue personnel.....	18

1. Introduction

On l'appelle la CEM, ou compatibilité électromagnétique. Derrière ce sigle se cache un domaine qui obsède depuis plus de vingt ans le monde de l'automobile. Qu'ils soient constructeurs, équipementiers, fabricants de composants ou consultants, pour tous, une même problématique se pose au moment de la fabrication d'un modèle : s'assurer que l'électronique embarquée - soit aujourd'hui 40 % d'un véhicule haut de gamme, et parfois sur des fonctions concernant directement la sécurité - ne sera pas perturbée par l'environnement électromagnétique qui nous entoure. Une tâche considérable, car un élément électronique perturbé, et c'est potentiellement tout le système qui peut être atteint. Au final, une source de danger pour les automobilistes.

Si tous les véhicules sont soumis aux champs électromagnétiques exogènes, il en existe certains comme la Toyota Prius Hybride, qui de par leurs concepts génèrent aussi et significativement des rayonnements issus de champs magnétiques endogènes.

La société Kane a compilé des données réglementaires depuis 1999 qui témoignent de 2262 plaintes, 815 accidents, 314 blessés et 19 décès attribuables à l'accélération soudaine de la Toyota. La firme a rappelé plus de 8 millions de véhicules...

Afin d'étudier ce problème, nous allons revenir sur le phénomène de compatibilité électromagnétique. Nous verrons ensuite les différentes thèses qui tentent d'expliquer ces incidents puis les tests réalisés pour endiguer ce problème.

2. Notions de base en CEM

Comme tout système physique en activité, les appareils électriques et électroniques interagissent avec leur environnement. Ils présentent une certaine sensibilité aux phénomènes qui le concernent, et le perturbent à leur tour.

L'utilisation croissante des appareils électriques et électroniques, et l'usage de plus en plus répandu de systèmes de traitement d'information utilisant des signaux de faible énergie, et de ce fait sensibles aux perturbations, a rendu nécessaire une approche nouvelle de cette problématique.

Le décret français concernant la CEM en donne la définition suivante :

« L'aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques de nature à créer des troubles graves dans le fonctionnement des appareils ou des systèmes situés dans son environnement. »

Par « appareils » il faut entendre : « tous les appareils électriques et électroniques ainsi que les équipements et systèmes qui contiennent des composants électriques et/ou électroniques. »

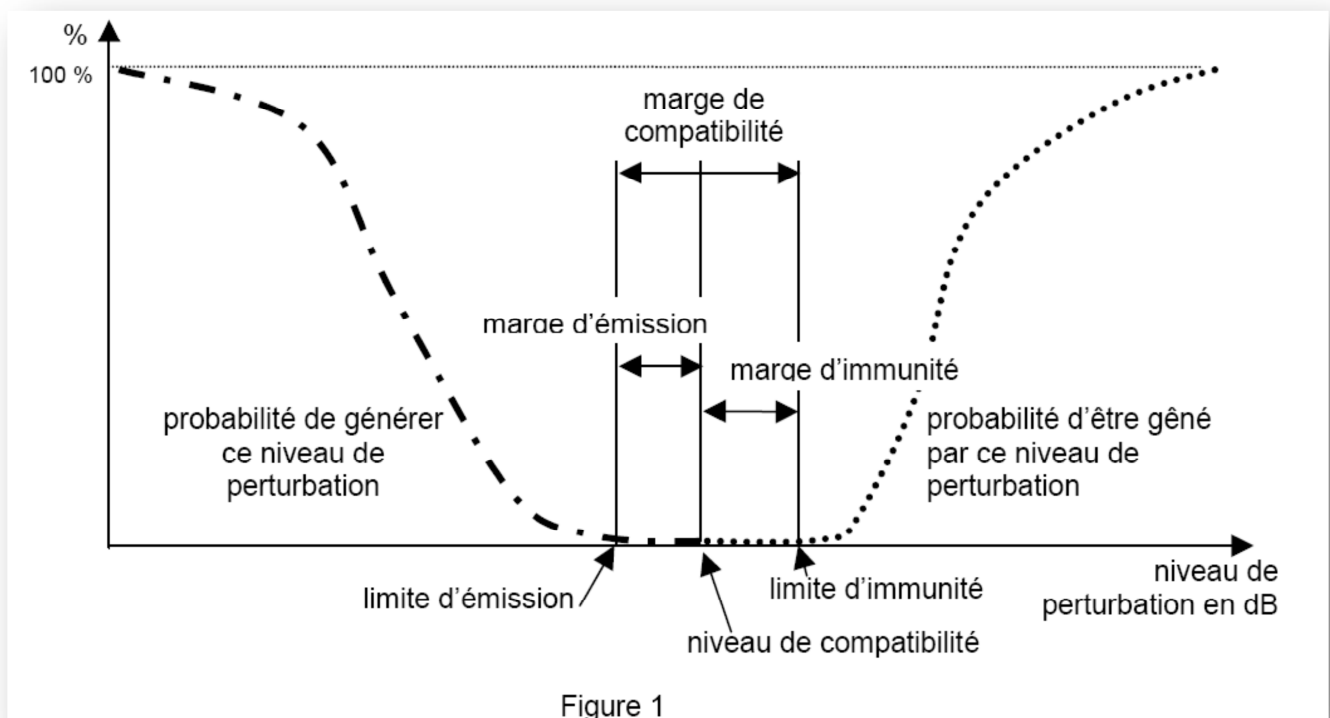
Note : les textes français emploient le mot « système » alors que les textes européens parlent plutôt « d'installations »

Par « perturbation électromagnétique » il faut entendre : tout phénomène électromagnétique, notamment un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même, susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système.

Deux aspects sont inhérents à cette définition :

- l'aptitude d'un appareil à fonctionner dans un environnement plus ou moins perturbé,
- l'aptitude d'un appareil à fonctionner sans perturber l'environnement de manière excessive.

La notion de Compatibilité électromagnétique naît de la confrontation de ces deux aspects autour d'une ligne de partage, ainsi que l'illustre la figure 1.



Compte tenu de l'échelle logarithmique du niveau de perturbation, la marge de compatibilité électromagnétique est le rapport entre la limite d'émission et la limite d'immunité. De même, la marge d'immunité est le rapport entre le niveau de compatibilité et le niveau limite d'immunité, et la marge d'émission est le rapport entre le niveau de compatibilité et le niveau limite d'émission. On peut aussi exprimer ces marges directement en dB.

Il faut noter que l'approche est probabiliste. Quel que soit le niveau de perturbation envisagé, on ne peut pas affirmer, mathématiquement parlant, que la probabilité d'altération du fonctionnement soit égale à zéro.

En matière de tests, on se contentera aussi de notions statistiques. Les essais de CEM – très coûteux – ne sont bien entendus jamais menés sur l'ensemble d'une production. C'est pourquoi peut de constructeurs effectuent ce genre de tests. On fonde la présomption de compatibilité sur des spécimens représentatifs, parfois même des prototypes. On sait cependant que des modifications qui peuvent apparaître mineures dans la fabrication peuvent parfois se traduire par des évolutions surprenantes en termes de CEM.

1.1 Les perturbations

La perturbation d'un équipement met en jeu trois éléments susceptibles d'être caractérisés :

- La source de perturbation, qui se caractérise par sa puissance, sa durée, son spectre de fréquence, les champs qu'elle génère,
- le vecteur par lequel la perturbation est transmise, on parle de mode de couplage,
- l'équipement victime de la perturbation.

Les sources

Ce sont :

- Les sources naturelles
 - phénomènes atmosphériques dont la foudre au sens habituel du terme,
 - le bruit galactique,
 - l'effet des rayons ionisants,
 - les impulsions électromagnétiques dues aux désintégrations nucléaires.
 - Les sources électrostatiques qui se constituent en particulier lors de la friction de matériaux en mouvement ou du corps humain sur des matériaux textiles ;
 - Les sources électrochimiques et thermoélectriques dues en particulier à la mise en présence de métaux différents en milieu humide (phénomène d'électrolyse) et sous l'effet de différences de températures (effet de thermocouple)
 - Les sources technologiques : ce sont tous les appareils dont l'activité électrique est de nature à se propager en partie à l'environnement.

Les vecteurs de propagation

La transmission d'une perturbation entre la source et une « victime » fait intervenir un ou plusieurs phénomènes physiques que l'on appelle des « couplages ». Selon les phénomènes en question, sur lesquels nous reviendrons, on parle de couplage par impédance commune, de couplage capacitif, de couplage inductif, de couplage électromagnétique. Ceci dit, la CEM fait une première classification entre les vecteurs en distinguant :

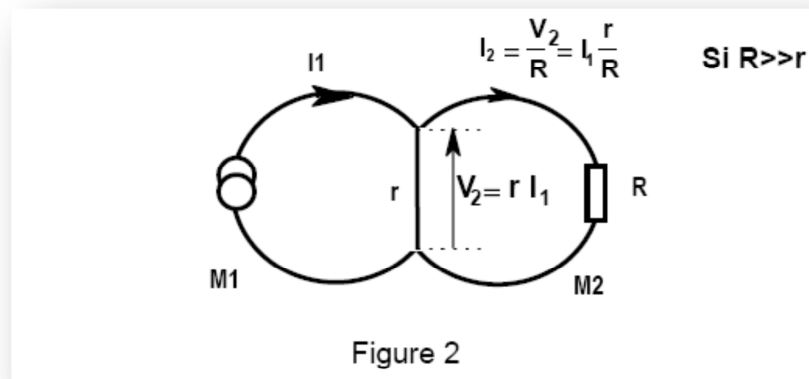
- Les perturbations conduites : celles qui se propagent par les câbles de liaison, et en particulier les câbles d'alimentation ;
- Les perturbations rayonnées : celles qui n'empruntent pas de voie matérielle, mais agissent par l'intermédiaire de champs magnétique, électrique, électromagnétique ;

- Les décharges électrostatiques consécutives à la mise en contact d'un conducteur chargé électriquement ou à un « amorçage » par ionisation de l'air ;
- L'impulsion électronucléaire (IEMN). Elle évoque le rayonnement électromagnétique ravageur qui serait provoqué par l'explosion en altitude d'une charge nucléaire, et qui pourrait mettre hors d'usage une partie importante des matériels électriques exposés.

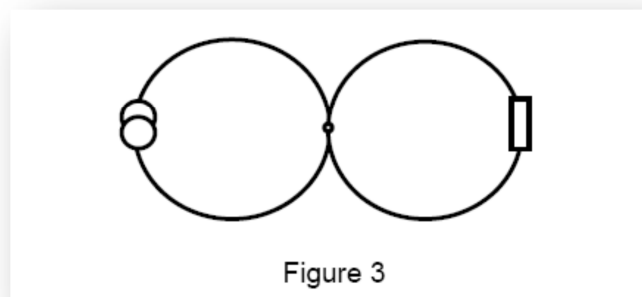
Couplage par impédance commune.

Un couplage par impédance commune se produit lorsque deux mailles ont en commun un tronçon dont l'impédance ne peut être considérée comme négligeable.

Le courant circulant dans la maille M1 provoque une différence de potentiel dans la maille M2

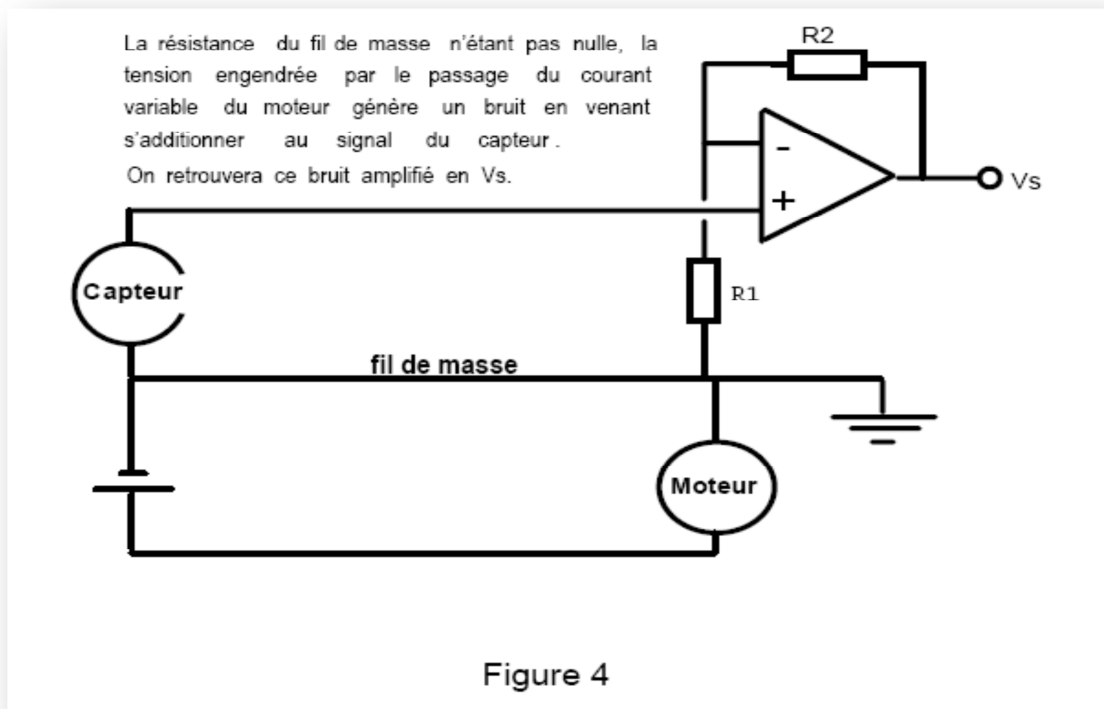


On peut s'en affranchir en agencant le tracé du circuit de manière à éviter les tronçons communs. On relie alors les masses en un seul point. On appelle cela le câblage étoilé, parfois difficile à réaliser de manière pratique.



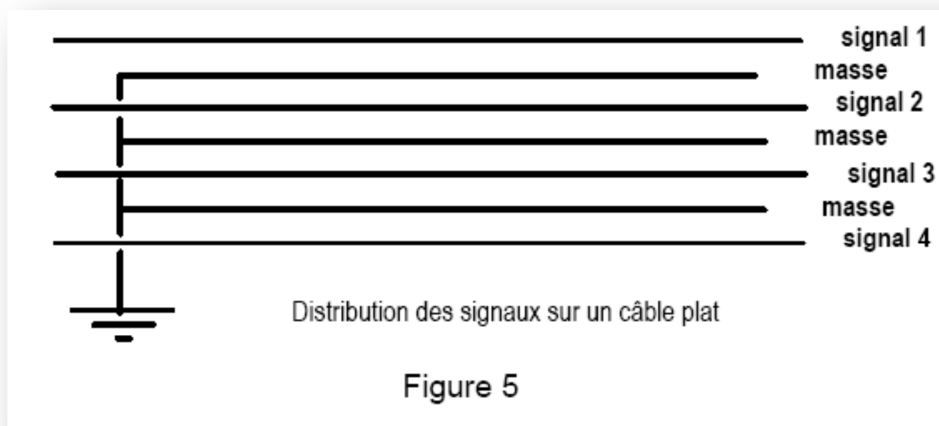
On peut aussi réduire l'influence des tronçons communs en diminuant leur impédance, par exemple en renforçant la section des conducteurs.

Un exemple classique de perturbation d'un signal par impédance commune est illustré ci-dessous :

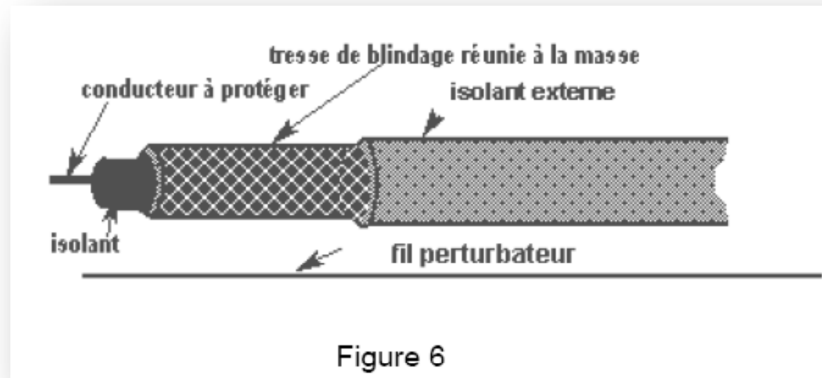


Couplage capacitif

Deux conducteurs en présence forment naturellement un condensateur. Le couplage capacitif est dû à la capacité ainsi introduite entre ces deux conducteurs. Il est particulièrement ennuyeux pour les signaux qui doivent être transportés à une certaine distance, en particulier si les conducteurs perturbants sont soumis à des variations rapides de tension, et si les conducteurs perturbés sont reliés à des impédances élevées, ou à des circuits présentant un gain élevé.



La capacité entre deux conducteurs peut être fortement réduite par la présence d'un écran électrostatique, que l'on réalise plus ou moins bien en plaçant entre eux un conducteur réuni à la masse, mais que l'on réalise (presque) parfaitement au moyen d'une tresse de blindage entourant le conducteur à protéger. La première solution est souvent retenue lorsque l'on transmet des signaux multiples au moyen d'un câble plat.



La seconde solution est utilisée pour la transmission de signaux par câble blindé ou ligne coaxiale.

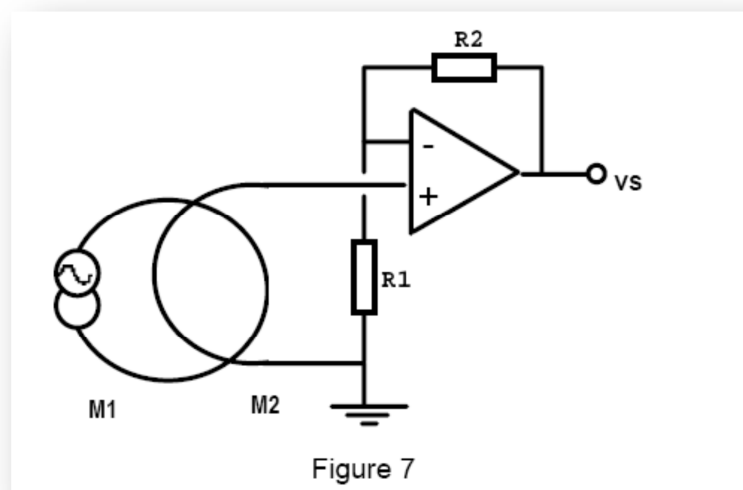
Note : lorsque deux conducteurs en présence concernent un seul et même signal, on ne parle plus de couplage. Lorsque les impédances qui les lient sont significatives et itératives (toujours les mêmes pour un élément de longueur donnée) on dit qu'il s'agit d'une ligne et l'on tiendra compte de son impédance caractéristique.

Couplage inductif

Tout conducteur parcouru par un courant s'entoure d'un flux magnétique. A une distance d (m) d'un conducteur parcouru par un courant I (A), le champ H (A/m) est $H = I / 2\pi d$

Lorsque ce flux est variable et coupe d'autres conducteurs, il peut entraîner en ceux-ci une force électromotrice induite. Dans un milieu de perméabilité magnétique donné, le flux produit est fonction de la longueur et de la disposition géométrique de ces conducteurs, et de l'intensité qui les parcourt.

Le cas typique est illustré ci-dessous : deux mailles séparées agissent comme les spires d'un bobinage. Elles s'échangent de l'énergie par induction mutuelle. La tension engendrée dans la seconde par le courant dans la première est susceptible d'être amplifiée et de produire ainsi une perturbation gênante.



Alors que le couplage capacitif était surtout émis par des conducteurs soumis à des variations rapides de tensions, le couplage inductif est plutôt provoqué par des conducteurs soumis à des variations rapides de courant. Ces conducteurs, surtout s'ils constituent des boucles de surface importante, génèrent du "champ H" ce qui se traduit par un flux magnétique capable d'engendrer des forces électromotrices induites dans les conducteurs environnants.

Pour se protéger du phénomène, on cherche d'abord à réduire autant que possible les surfaces de toutes les boucles, les boucles émettrices comme les boucles réceptrices.

On tente parfois de s'opposer à un champ H en lui présentant une "spire en court-circuit". Mais son influence est toute relative, elle apporte certes une atténuation, mais ne supprime pas le problème.

On peut aussi réduire le couplage par compensation, en présentant au champ une boucle d'une surface donnée suivie d'une boucle de même surface, mais orientée en sens contraire. On donne ainsi au câblage une structure "torsade". L'application la plus typique est le câblage en paires torsadées utilisé en téléphonie (figure 8).

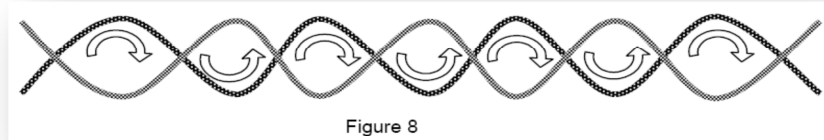


Figure 8

On peut enfin et surtout réduire considérablement le couplage inductif en enfermant la partie sensible ou la partie perturbatrice dans une enveloppe métallique.

Induction mutuelle dans un câble

Dans un milieu de perméabilité magnétique donné, le flux produit est fonction de la longueur du conducteur, et de l'induction engendrée dans le volume qui l'entoure, de sorte qu'une partie non négligeable du flux se situe aux environs immédiats du métal, là où l'induction est la plus forte. Le couplage entre deux fils est donc d'autant plus fort qu'ils sont longs, fins et proches.

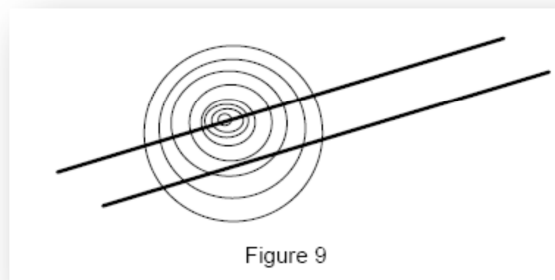


Figure 9

Compte tenu de la réciprocité de l'influence d'un conducteur sur l'autre, un câble bifilaire se comporte à certains égards comme un transformateur de rapport 1/1 (figure 10).

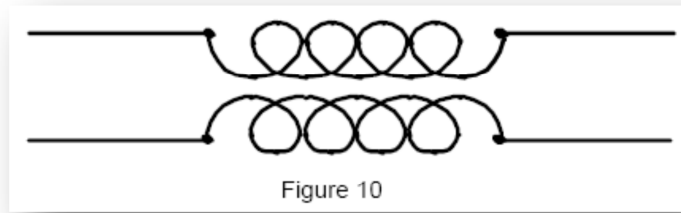


Figure 10

Couplage par rayonnement électromagnétique

Champ proche et champ lointain, impédance d'onde

Les couplages que nous avons présentés précédemment sont fondés sur des champs "proches", leur effet étant mesuré à proximité immédiate de la source.

Nous allons maintenant considérer l'effet de ces sources lorsqu'elles émettent des champs périodiques de fréquence f , à une distance suffisante pour que l'on n'en perçoive plus que le rayonnement électromagnétique. Les distances à considérer seront fondées sur la longueur d'onde λ du signal. Elle s'exprime en mètres, et a pour valeur :

$$\lambda \approx 3.108/f$$

Soit une source à proximité immédiate de laquelle on mesure un champ électrique E_p et un champ magnétique H_p . Le rapport E_p/H_p est appelé impédance d'onde. A mesure que l'on s'éloigne de cette source, les champs vont se combiner pour produire une onde plane dont l'impédance dépend des caractéristiques ϵ_0 et μ_0 du milieu de propagation (figure 11). Dans la pratique, une source de champ "pure" n'existe pas davantage qu'une source de champ H "pure". On a cependant représenté schématiquement sur le graphe, les courbes théoriques de ces deux sources.

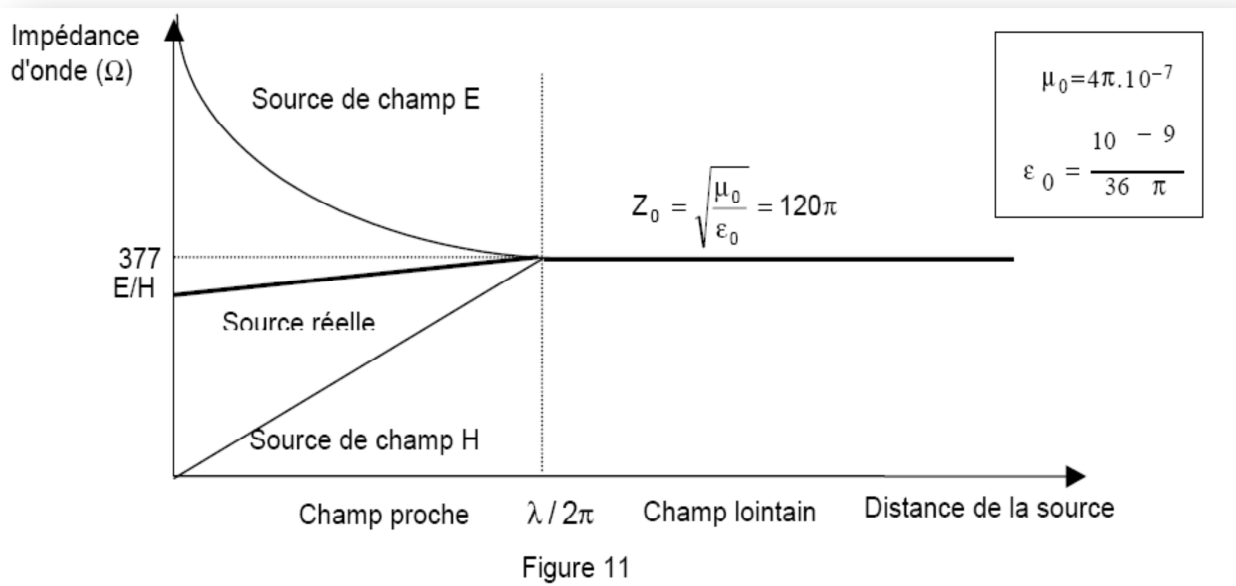


Figure 11

Les sources de rayonnement électromagnétique

Tout conducteur véhiculant un signal de haute fréquence constitue une source de rayonnement, et tout conducteur non protégé par un blindage efficace peut être influencé par un rayonnement électromagnétique.

Dans le cas général d'un montage électrique ou électronique, le courant circule dans un circuit fermé - une boucle - et la puissance qu'il émet par rayonnement est très faible par rapport à la puissance mise en jeu dans le circuit. Il arrive cependant de rencontrer un conducteur soumis à un signal dont le spectre comprend des fréquences élevées, même si l'appareil n'est pas destiné à les traiter. Il existe en effet des résonances localisées qui peuvent développer, par exemple à la suite d'un changement d'état logique ou d'une commutation, un signal qui atteint des termes élevés dans le spectre de fréquences.

1.2 Protection contre les rayonnements électromagnétiques, les blindages

On se prémunit contre l'émission ou la réception d'ondes électromagnétiques essentiellement par blindage. On utilise à cette fin des feuilles de métal, voire dans certains cas des peintures conductrices. Il n'est pas nécessaire d'adopter des blindages épais. Il a été prouvé que des feuilles de métal très minces (papier d'aluminium) constituaient néanmoins des blindages efficaces. La qualité d'un blindage dépend essentiellement de sa continuité.

Classification

Le blindage est constitué d'une enveloppe conductrice que l'on met en place autour de composants électriques pour constituer une barrière vis à vis des influences électrostatiques, magnétiques, ou électromagnétiques. On distingue :

- le "blindage" magnétique ;
- le blindage électromagnétique.

Le blindage magnétique (figure 31a) est constitué d'un matériau capable d'offrir un chemin de réluctance relativement faible aux "lignes de force" issus d'une source de champ magnétique (champ H), et d'en préserver les zones à protéger. Cette technique peut par exemple protéger le tube d'un oscilloscope de l'influence d'un transformateur d'alimentation. En basse fréquence, la protection requiert parfois un matériau noble et coûteux comme le mumétal.

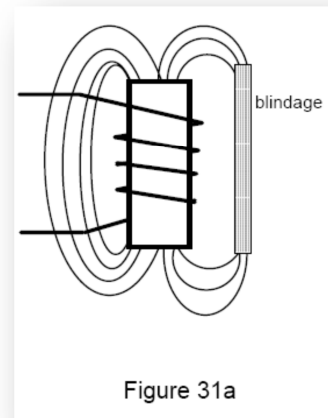


Figure 31a

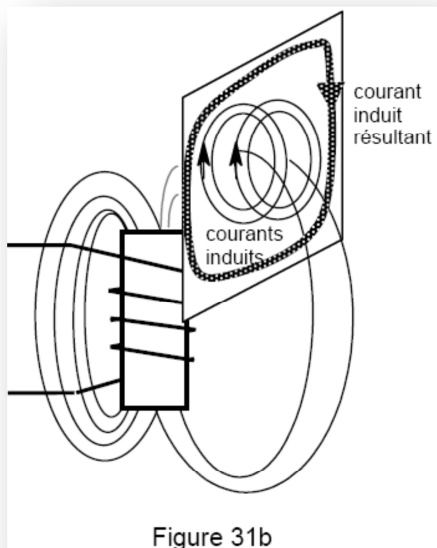


Figure 31b

Le blindage électromagnétique (figure 31b) est constitué d'un matériau bon conducteur, cuivre ou aluminium. Il agit de plusieurs manières :

- Vis à vis des champs électriques (champs E) à la manière d'une cage de Faraday. Il se comporte comme un écran électrostatique et évite le couplage capacitif entre les conducteurs situés de part et d'autre.
- Vis à vis des champs magnétiques (champs H), selon le principe représenté ci-contre. Les "lignes de force" d'un champ H variable indésirable qui tentent de le franchir provoquent dans le blindage, un courant induit dont le champ s'oppose à celui qui lui a donné naissance. On peut voir sur la figure que le courant résultant a tendance à circuler à la périphérie des zones exposées au champ.

On blinde de cette manière des transformateurs de moyenne fréquence (quelques centaines de KHz), ou de haute fréquence (des MHz). Lorsqu'on l'utilise à l'encontre de champs en basse fréquence (50Hz par exemple), il est peu efficace vis à vis du fondamental mais le devient vis à vis des harmoniques de rangs élevés. Le blindage n'est pas nécessairement épais, sauf si l'on recherche une certaine efficacité à des fréquences de quelques KHz.

- Vis à vis des ondes électromagnétiques. Les champs E et H ne sont considérés en tant que tels qu'à proximité immédiate des composants. On parle alors de champs proches. Nous avons vu (6.4), qu'au-delà d'une distance de l'ordre de $\lambda/2\pi$, on considère la perturbation rayonnée comme une onde électromagnétique. Rappelons que la longueur d'onde λ exprimée en mètres, a pour valeur $\lambda = 3.108/f$, f étant la fréquence du signal.

Les ruptures de blindage

Il y a rupture de blindage chaque fois que la continuité électrique du blindage est interrompue. Ce peut être le fait de l'assemblage des différents éléments composant l'enveloppe, d'une ou plusieurs ouvertures pratiquées par exemple pour la mise en place d'appareils de tableau, ou même de trous d'aération.

Ces ouvertures sont nocives :

- parce qu'elles laissent passer des ondes électromagnétiques, (figure 34a)
- parce que les courants qui circulent dans le blindage (courant de peau en haute fréquence), génèrent du champ H aux abords des discontinuités (figure 34b)

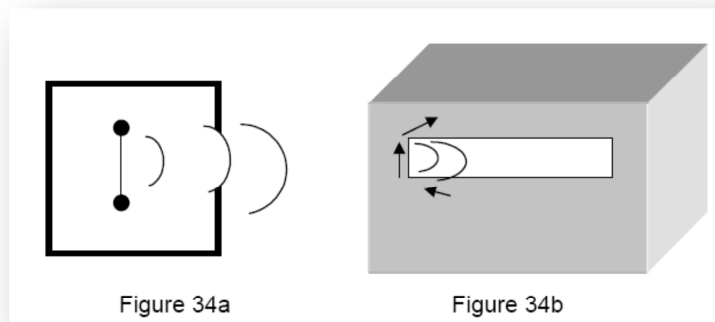


Figure 34a

Figure 34b

C'est la plus grande des dimensions d'une ouverture qui détermine sa capacité à laisser passer les ondes électromagnétiques. Elle doit être extrêmement petite devant la longueur d'onde de la plus haute fréquence à contenir. En matière d'aération, des perforations circulaires valent donc bien mieux que des fentes ! Si on a recours à un grillage, il faut le choisir à mailles fines.

1.3 Les méthodes d'investigation

Les tests normalisés

Pour évaluer les performances des appareils vis à vis de la CEM, différents tests ont été imaginés. Pour garantir une base cohérente et équitable dans cette évaluation, ils ont été soigneusement décrits et normalisés.

Les appareils ont été classés en diverses catégories en fonction de leur spécificité, et des tests particuliers peuvent concerner certaines d'entre elles. Des normes génériques sont applicables à défaut de dispositions spécifiques.

Ainsi, chaque appareil mis sur le marché doit subir une série de tests, pour établir sa conformité dans trois domaines :

- Le niveau des perturbations qu'il émet (perturbations conduites, rayonnement). Il doit être inférieur au niveau limite pour sa catégorie pour tous les types de perturbations auxquels les normes font référence.
- Le niveau des perturbations qu'il peut supporter sans altération du fonctionnement. Il doit être au moins égal aux seuils pour sa catégorie pour tous les types de perturbations auxquels les normes font référence.
- La sécurité "des personnes et des animaux domestiques ainsi que des biens". Pour les matériels soumis à la "directive basse tension" directives 73/23/CEE et 93/68/CEE, décret français 95-1081.

Les tests ne concernent en général que les prototypes. Ils n'interviennent pas lors de la production industrielle. Ils concernent tout ou partie de l'ensemble suivant :

- Tests d'immunité aux décharges électrostatiques
- Tests d'immunité aux perturbations conduites
- Tests d'immunité aux perturbations rayonnées
- Mesures des perturbations conduites émises
- Mesures des perturbations rayonnées
- Tests spécifiques à certains matériels

Ils nécessitent un équipement coûteux qui n'est pas à la portée des entreprises petites ou moyennes, et un personnel spécialisé. Ils sont donc sous-traités la plupart du temps à des laboratoires de CEM.

L'incidence du coût de la qualification d'un appareil sur son prix est donc sensible, en particulier pour les petites séries. Pour le réduire autant que possible, il faut prendre en compte le plus tôt possible les impératifs de la CEM lors du développement du produit, pour réussir l'examen au premier tour et éviter les allées et venues entre les phases de mise au point et les tests.

Les essais d'immunité rayonnée - à moins que l'on ne fasse usage que d'une cellule TEM blindée - et les essais de perturbations rayonnées nécessitent une cage de Faraday de dimensions suffisantes (c'est une pièce ou une salle selon les matériels à tester) équipée d'absorbeurs d'onde électromagnétique. Il s'agit souvent de trémies de mousse de polyuréthane chargée de carbone. La composition réelle est en fait bien gardée. Il peut également s'agir d'un bardage de ferrite, et on peut aussi utiliser les deux conjointement.

Complètement équipée d'absorbeurs, la cage de Faraday devient une chambre anéchoïque (figure 57).

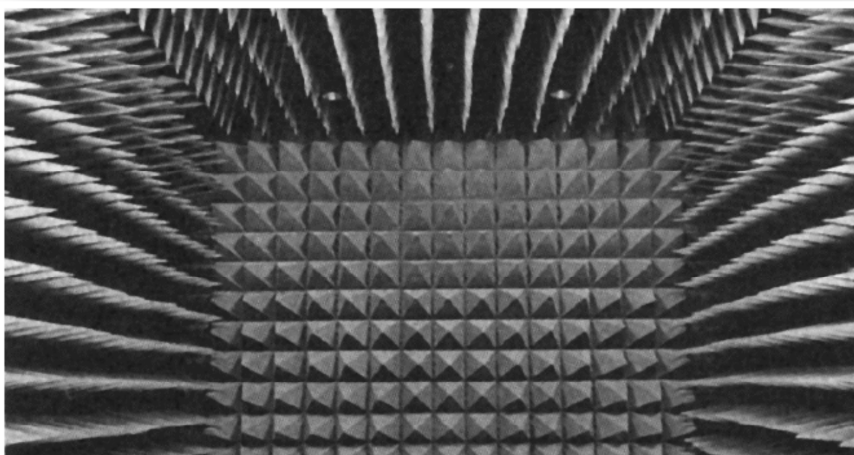


Figure 57

3. Exposé des faits et des différentes thèses

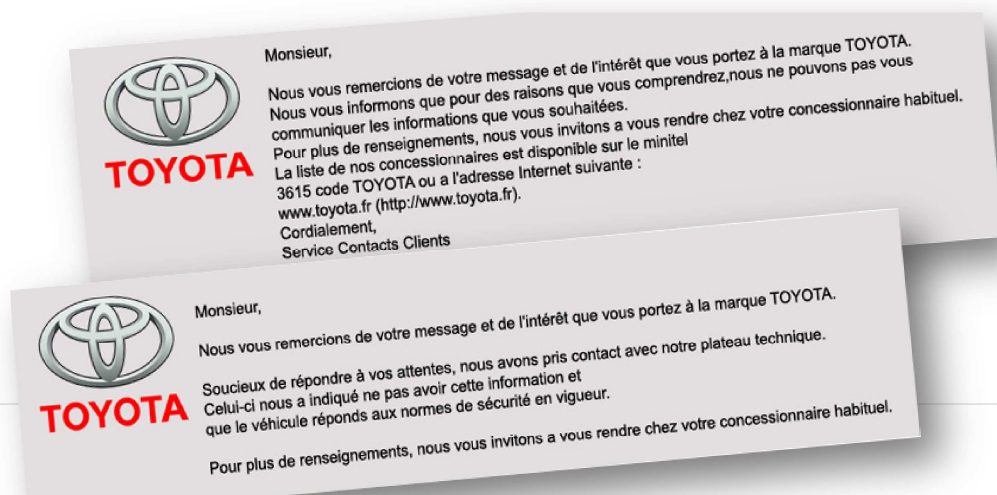
De nombreux constructeurs de véhicules sont actuellement confrontés à des problèmes qui nécessitent des rappels de séries particulières, souvent en grand nombre, d'unités dont les assistances électroniques embarquées sont impactées par les champs électromagnétiques Basses et Hautes Fréquences.

Aujourd'hui le nombre élevé de systèmes électroniques embarqués dans les automobiles peut créer des phénomènes d'incompatibilités électromagnétiques créant des dysfonctionnements des circuits électroniques. De par la place importante de ces derniers dans une automobile aujourd'hui, les incidents provoqués par la CEM sont graves. En effet, si les circuits électroniques se contentaient dans le passé, d'alimenter l'éclairage, les bougies ou l'autoradio, aujourd'hui avec la multitude de circuits électroniques, la voiture est pilotée essentiellement par des systèmes électriques. L'exemple le plus parlant demeure celui du régulateur de vitesse et des problèmes liés à celui-ci. De nombreux automobilistes ont accusé le régulateur d'être à l'origine de la perte de contrôle de leur véhicule. D'après leurs témoignages les véhicules auraient subitement augmenté la valeur seuil du régulateur, pour d'autres le problème résidait à stopper le régulateur.

Un véhicule hybride fait appel à deux types de motorisation pour se déplacer, soit le moteur thermique, soit le moteur électrique, voire les deux en même temps selon les circonstances de conduite. L'énergie pour la motorisation électrique est fournie par un pack de batteries qui nécessite une charge par un système complexe embarqué géré électroniquement. Le problème essentiel provient du type de courant qui est non seulement en moyenne tension, non pas continue, mais en alternatif 50 Hz ou 60 Hz, donc générant des champs magnétiques de Basses Fréquences très importants ce qui est exactement le cas de la Prius Hybride de Toyota.

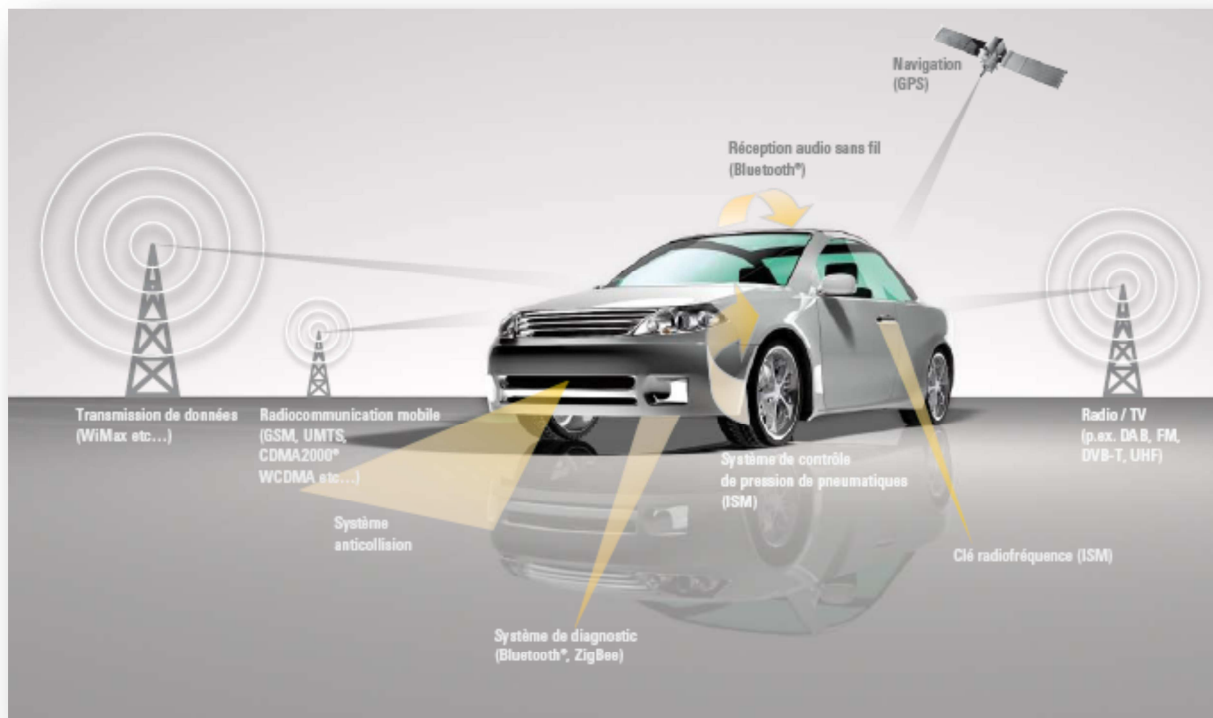
Selon un groupe de consommateurs (Safety Research & Strategies), 2 274 cas d'accélérations involontaires auraient été répertoriés, conduisant à 275 accidents et 18 morts depuis 1999. Toyota n'a pas confirmé ces chiffres.

Au Japon, l'affaire est remontée jusqu'au gouvernement. « L'ampleur du rappel est énorme », s'est alarmé Masayuki Naoshima, le ministre du commerce. Ces nouvelles tombent très mal pour Toyota, d'autant que la qualité et la fiabilité sont ses obsessions numéro un. Elles ont fait la réputation mondiale de la marque et lui ont permis de détrôner General Motors. La crise que traverse Toyota pourrait donc lui coûter très cher. Sur le plan financier d'abord : le coût du rappel est estimé à 900 millions de dollars (647 millions d'euros). Le manque à gagner s'élèverait à 155 millions de dollars par semaine. Sans compter l'arrêt de la production, dont le coût serait proche de 500 millions de dollars, selon la Deutsche Bank. Tout cela risque de plomber un peu plus les comptes de Toyota. Après avoir enregistré des pertes de 437 milliards de yens (3,5 milliards d'euros) sur son exercice 2008-2009 (clos fin mars 2009), les premières de son histoire, le numéro un mondial espérait pouvoir les réduire cette année.



4. Actions effectuées

Qu'elles soient naturelles (foudre, orage, décharge électrostatique) ou industrielles (ligne à haute tension, émetteur de télécommunication, panneau d'autoroute, radar d'aéroport, radars automatiques, caténaies des voies ferrées), les sources d'agression pour une automobile ne manquent pas. A cela, il faut ajouter l'ensemble des éléments placés à l'intérieur du véhicule (alarmes, mobiles, assistants personnels, talkies-walkies, CB, récepteurs radio en tous genres : radiodiffusion, radiolocalisation, radiocommunication, etc.). Autant d'agressions contre lesquelles le monde de l'automobile doit se protéger.



Pour ce faire, les constructeurs délivrent à leurs sous-traitants un cahier des charges très précis comprenant parfois plusieurs centaines de pages, leur indiquant à quel niveau de champ rayonné doivent résister les divers équipements embarqués dans le véhicule. Une fois le système électronique assemblé, les constructeurs procèdent à des tests en interne. Tous possèdent en effet leurs propres installations, leur permettant de vérifier l'immunité de leurs véhicules face à la CEM. Les véhicules sont placés dans une cage de Faraday, sanglés sur un banc à rouleaux permettant des tests à l'arrêt comme en mouvement. On leur inflige alors des champs électromagnétiques de différentes fréquences permettant de vérifier la CEM du véhicule. Les éléments dits "*de sécurité*" (contrôle moteur, freinage, airbag, régulateur de vitesse), partiellement blindés, sont soumis à des champs très forts, les éléments dits "*de confort*" (climatisation, vitres électriques, horloge...), eux, font l'objet de tests moins poussés.

Lorsque les constructeurs considèrent que leur système est conforme à leurs attentes, le véhicule prend la direction d'un organisme certificateur qui va se charger de son homologation. Dans le domaine de la compatibilité électromagnétique, il y a autant de cahier des charges que de constructeurs. Et des contrôles plus ou moins poussés, selon les exigences des grandes marques. Car tout a un coût : plus l'analyse est poussée, et plus le prix sera élevé. De là à affirmer que les constructeurs réalisent des économies sur la sécurité des usagers en faisant des tests minima, il y a un pas que la plupart des spécialistes interrogés se refusent à franchir, certainement apeurés par la puissance des lobby automobiles...

La compatibilité électromagnétique automobile est soumise à une directive européenne plutôt souple, à entendre certains experts. Elle dresse le tableau et fixe le contexte. Un dirigeant d'un bureau de contrôle affirme : *"Ce que l'on demande aux constructeurs est tellement insuffisant qu'ils vont plus loin. Mais, en faisant trois fois plus, on a l'impression qu'ils font beaucoup ; en réalité, ils ne font pas grand-chose"*. De fait, les constructeurs appliquent des normes trois ou quatre fois supérieures à la directive européenne. Non pas qu'ils veuillent faire des cadeaux à la clientèle, mais l'effet médiatique lié à un problème de CEM serait tel qu'ils craignent ce genre d'ennui.

Pour tenter de mieux comprendre un environnement électromagnétique en perpétuelle évolution, un projet intitulé CEERF (Caractérisation de l'environnement électromagnétique routier en France) a été mené de 1999 à 2002. Il s'agissait de réaliser la cartographie routière des agressions auxquelles peuvent être soumises les automobiles à travers le territoire. Un outil qui a permis aux constructeurs - Renault et PSA étaient partenaires sur le projet. Au final, des conclusions éclairantes mais discutées. *"Les niveaux maximum d'agression électromagnétique trouvés lors de cette étude sont 20 à 40 fois inférieurs à ceux infligés sur les automobiles lors des tests CEM"*, relève Fabrice Duval, le responsable du laboratoire CEM de l'Institut de Recherche en Systèmes Electroniques Embarqués (IRSEEM). *"Lors de mesures effectuées sur l'autoroute Lille-Paris, nous avons trouvé des champs de moins d'un volt par mètre (V/m) sur 99 % du parcours et jusqu'à 6 V/m en présence d'un téléphone mobile en fonctionnement. La directive européenne, c'est 30 V/m et les constructeurs, 100 V/m. Ça donne une idée de l'ordre de grandeur..."*

Ainsi, les tests en CEM effectués aujourd'hui dans le secteur automobile seraient surdimensionnés par rapport aux rayonnements connus dans l'environnement. Il existe de nombreuses thèses sur l'impact de la CEM sur les problèmes technique automobiles. Certains dirigeants de compagnies automobiles parlent de « concours de circonstances techniques qui rendraient coupable la CEM ». D'autres chercheurs accusent quant à eux le véhicule lui-même, qui serait la cause directe des perturbations, c'est-à-dire que le parasite qui perturbe le régulateur de vitesse se situe sous le capot de la voiture. Pris isolément, un composant électronique est redoutablement efficace. Mais, compte tenu des impératifs actuels de miniaturisation des éléments sous le capot, un parasite qui, auparavant, n'avait pas l'énergie suffisante pour perturber le système électronique, peut tout à fait l'avoir aujourd'hui. Pour l'affaire des régulateurs, on peut imaginer soit que l'électronique s'est auto-parasitée, soit que c'est un parasite extérieur qui a atteint le système".

Influence des mobiles

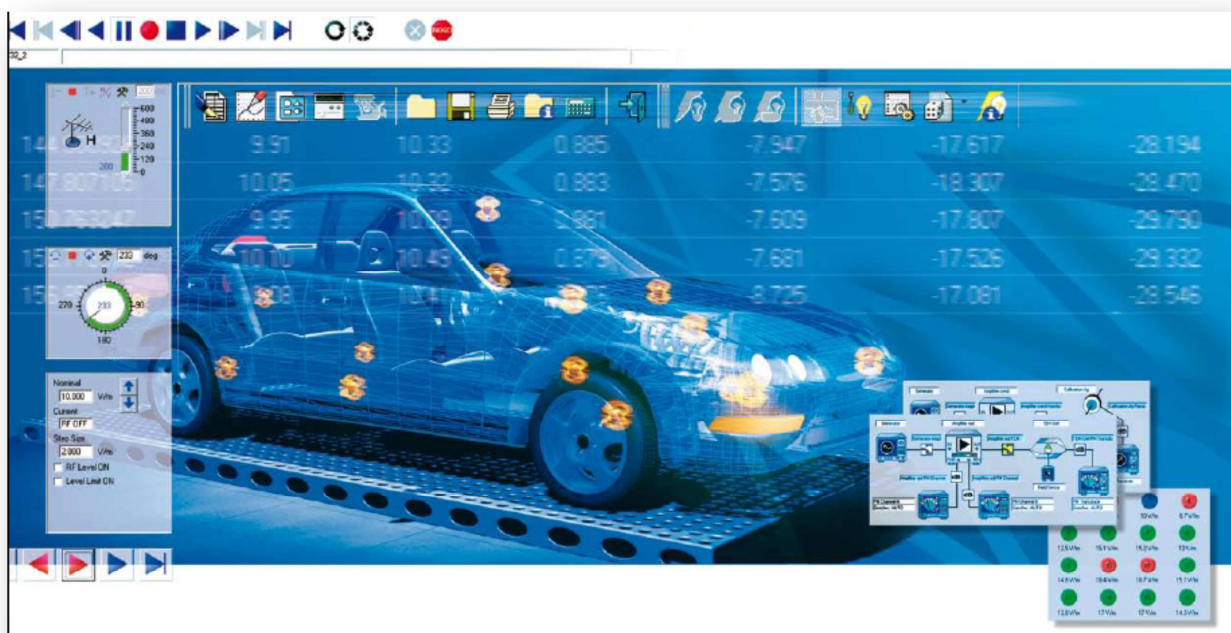
Les spécialistes citent un cas de figure récurrent et potentiellement à risque, le téléphone mobile dans la voiture. Lorsqu'un téléphone n'a qu'une barrette de réception, lorsque l'utilisateur numérote son code PIN ou quand un appel est passé, le mobile se met en puissance maximale d'émission. Même si ce ne sont que quelques watts, il se peut que l'électronique embarquée dans le véhicule voie arriver un événement auquel elle n'était pas sensibilisée quelques secondes avant. Entre la puissance d'émission d'un mobile et les tests effectués sur les véhicules, l'ordre de grandeur est différent. Là encore, il est difficile de'y voir clair.

Il est intéressant de constater que c'est depuis 2001 que le gouvernement a décidé de faire la chasse aux conducteurs qui utilisaient un téléphone portable GSM au volant. Ceci est dû à la publication d'une loi rendre illégal le fait de téléphoner au volant, dans ce cas juridiquement ce ne sont plus les opérateurs de la téléphonie mobile, les constructeurs de voiture ou de matériel médicaux qui sont responsables des défaillances électroniques des voitures ou autres, mais c'est le conducteur qui utilisait son téléphone en voiture qui devient le délinquant. De même que si vous utilisez votre portable qui est fixé sur le tableau de bord en main libre, si le téléphone portable génère un champ qui provoque une défaillance sur l'électronique de votre voiture, c'est dans ce cas votre responsabilité juridique qui sera engagée. Il y a donc une volonté de l'Etat de dissimuler les interférences et autres risques qui peuvent être provoquées par les téléphones portables, et qui vont perturber l'électronique des voitures ou détériorer la santé des passagers.

C'est d'autant plus vrai que le gouvernement français, les institutions européennes, le lobby des télécoms, étudient les normes actuelles pour modifier en douce les seuils d'immunité, et les passer de 3 à 10 V/m, notamment pour le matériel médical.

Autre piste susceptible d'expliquer les problèmes de régulateurs de vitesse : la CEM conjuguée à des facteurs d'autre nature. Il y a quelques années, par exemple, un constructeur avait été confronté à un problème de taille dans ses véhicules de présérie : les airbags se déclenchaient inopinément. Impossible pour la marque de sortir les véhicules sur le marché tant que la cause n'était pas identifiée et le problème réglé. L'ensemble du câblage lié à l'airbag a dû être sorti, soit près de 5 mètres. Des tests CEM très poussés ont été réalisés, en vain. Les airbags ne se déclenchaient pas. C'est finalement en combinant trois facteurs touchant en partie à la CEM, que la solution a été trouvée. Un fil, pincé dans un montant métallique d'un siège, se dénudait. Ajoutez à cela le chauffage de la voiture en marche et un facteur déclenchant (le déclenchement de la vitre électrique, par exemple), et l'airbag sortait du volant.

En conséquence, il est clair que, tant que les configurations les plus défavorables n'ont pas été testées, des analyses extrêmement poussées ne suffiront pas toujours à élucider un problème technique mystérieux. Cet état de fait pourrait expliquer la difficulté qu'ont aujourd'hui les ingénieurs de Renault à identifier d'éventuelles causes à la quarantaine de cas de dysfonctionnements de régulateurs de vitesse. L'électronique automobile moderne est tellement complexe qu'il est impossible de tester à 100 % les véhicules qui sortent sur le marché. Il est certain que, les premiers temps, ce sont les clients qui font les tests manquants.



5. Point de vue personnel

Au vue des nombreux rappels effectués par Toyota et d'autres grandes entreprises automobiles ainsi que les coûts engendrés par ces rappels, il semble indéniable que les constructeurs automobiles sont dace à un problème de taille. Même s'ils parviennent parfois à prétendre le contraire dans des études en faisant jouer le poids du lobby automobile. En effet, lors d'analyses de « boîtes noires » automobiles suite à des accidents routiers, des conclusions montrent que la faute est rejetée sur les automobilistes. Or qu'une personne détentrice du permis automobile depuis des années se trompe de pédale et accélère à la vue d'un péage semble étrange mais lorsque cette erreur est répétée par de nombreux automobilistes possédant tous une Toyota Prius équipée d'un régulateur de vitesse, je penche plus pour la thèse du complot orchestrée par Toyota.

Réaliser dans des véhicules des mesures de champs électromagnétiques avec rigueur et sous protocole est quasiment impossible par rapport à la complexité des situations environnementales simultanées possibles, mais aussi en fonction du caractère fluctuant des paramètres intrinsèques aux véhicules, des réflexions, des couplages, etc ... En conséquence toutes séries de mesures de champs électromagnétiques d'un véhicule sont par nature inreproductibles dans une similitude absolue. Il est donc aisé de faire parler les chiffres et produire des résultats « arrangeants ».

L'accroissement exponentiel des circuits électroniques dans un véhicule entraine des problèmes de compatibilités électromagnétiques. Nier les incidents passés revient à en créer d'autres. Les constructeurs en prennent conscience, même le PDG de Toyota s'est excusé publiquement pour la réaction tardive de sa firme. Même si les tests de CEM ne parviennent pas à déterminer précisément les causes de dysfonctionnements, il faut néanmoins les éviter. Des solutions existent, pour exemple tous les appareils d'aviation sont truffés de circuits électroniques, peut d'incidents apparaissent ayant pour causes des problèmes de CEM. Ceci est dû au fait que les circuits électriques sont redondés en cas de défaillance de l'un d'entre eux, des blindages plus efficaces sont mis en place etc... Ces dispositifs sont très coûteux, le nombre d'avions est très nettement inférieur au nombre d'automobiles, c'est pour quoi de tels investissements ne peuvent être suggéré pour ce secteur.



En conclusion, les problèmes de CEM sont difficiles à éviter avec l'accroissement du nombre de circuits électroniques résidant dans une automobile et leur miniaturisation. Aussi les torts envers Toyota ne sont pas sur l'apparition de ces problèmes sur sa Prius car tous les constructeurs sont concernés par ces soucis, Toyota l'est plus car la Prius dispose d'un moteur électrique ajoutant encore des perturbations. Les reproches à émettre à Toyota sont plutôt son manque de réaction face aux problèmes.